

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Yutaka KASHIHARA, et al.

GAU:

SERIAL NO: NEW APPLICATION

EXAMINER:

FILED: HEREWITH

FOR: SIGNAL EVALUATION METHOD, INFORMATION RECORDING/REPRODUCING APPARATUS,
INFORMATION REPRODUCING APPARATUS, AND INFORMATION RECORDING MEDIUM

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2003-019396	January 28, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)
- ☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.


Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 05/03)

C. Irvin McClelland
Registration Number 21,124

0381503-1

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 月 2 8 日
Date of Application:

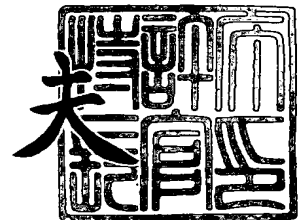
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 1 9 3 9 6
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 1 9 3 9 6]

出 願 人 日本電気株式会社
Applicant(s): 株式会社東芝

2 0 0 3 年 1 0 月 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 2 5 5 7

【書類名】 特許願

【整理番号】 A000300408

【提出日】 平成15年 1月28日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 20/18

【発明の名称】 信号評価方法と情報記録再生装置と情報再生装置及び情報記録媒体

【請求項の数】 14

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内

 【氏名】 柏原 裕

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内

 【氏名】 長井 裕士

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

 【氏名】 大久保 修一

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

 【氏名】 小川 雅嗣

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

 【氏名】 中野 正規

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

 【氏名】 岩永 敏明

【特許出願人】

【識別番号】 000004237

【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

【識別番号】 100058479

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴江 武彦

【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【選任した代理人】

【識別番号】 100108855

【弁理士】

【氏名又は名称】 蔵田 昌俊

【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9705037

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 信号評価方法と情報記録再生装置と情報再生装置及び情報記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 記録媒体から PRML（パーシャルレスポンスアンドマキシマムライクリーフッド）識別方式を用いて再生した再生信号を評価する場合、グループ化された所定ビット系列対と識別データとの一致を検出する手順と、一致した場合にはビット系列とその対の理想応答を算出する手順と、2つの前記理想応答と等化信号とのユークリッド距離を算出する手順と、2つのユークリッド距離の差を求める手順と、グループ毎に前記ユークリッド距離の差の平均・標準偏差を算出する手順と、平均・標準偏差と前記所定ビット系列の出現確率と所定ビット系列対のハミング距離とから前記再生信号の品質評価値を算出する手順とを備えたことを特徴とする信号評価方法。

【請求項 2】 前記品質評価値を第1の評価値とし、所定のデータ列及び所定のパーシャルレスポンス特性から求められる目標信号と、クロック周期毎の再生信号との差異である等化誤差をクロック周期毎に算出し、異なる時刻の等化誤差の積に基づいて信号品質を評価する方法による評価値を第2の評価値とし、この第2の評価値と前記第1の評価値とを併用して、最終的な評価を得るようにしたことを特徴とする請求項 1 記載の信号評価方法。

【請求項 3】 前記第 1 の評価値および前記第 2 の評価値と、前記再生信号の誤り訂正を行なう誤り訂正復号器からの媒体欠陥を主要因とする第 3 評価値とから、最終的な評価を得るようにしたことを特徴とする請求項 2 記載の信号評価方法。

【請求項 4】 記録媒体から PRML（パーシャルレスポンスアンドマキシマムライクリーフッド）識別方式を用いて再生した再生信号を得る情報記録再生装置あるいは情報再生装置において、

再生信号の評価手段として、

グループ化された所定ビット系列対と識別データとの一致を検出する手段と、

一致した場合にはビット系列とその対の理想応答を算出する手段と、
2つの前記理想応答と等化信号とのユークリッド距離を算出する手段と、
2つのユークリッド距離の差を求める手段と、
グループ毎に前記ユークリッド距離の差の平均・標準偏差を算出する手段と、
平均・標準偏差と前記所定ビット系列の出現確率と所定ビット系列対のハミング距離とから前記再生信号の品質評価値を算出する手段と
を備えたことを特徴とする情報記録再生装置あるいは情報再生装置。

【請求項5】 前記平均・標準偏差から算出される値を用いて、記録波形の調整を行う手段をさらに有したことを特徴とする請求項4記載の情報再生装置。

【請求項6】 請求項1および請求項3乃至4記載のいずれかの信号評価方法を用いて評価値を算出し、前記評価値が所定値より悪い場合は、記録波形の調整、再生信号のオフセット調整、ゲイン調整、等化係数調整、トラック調整、フォーカス調整、チルト調整、球面収差調整の少なくとも1つの処理を行う情報記録再生装置あるいは情報再生装置。

【請求項7】 情報記録媒体において、PRML（パーシャルレスポンスアンドマキシマムライクリーフッド）識別方式を用いて再生した再生信号を評価する場合、

グループ化された所定ビット系列対と識別データとの一致を検出し、
一致した場合にはビット系列とその対の理想応答を算出し、
2つの前記理想応答と等化信号とのユークリッド距離を算出し、
2つのユークリッド距離の差を求め、
グループ毎に前記ユークリッド距離の差の平均・標準偏差を算出し、
平均・標準偏差と前記所定ビット系列の出現確率と所定ビット系列対のハミング距離とから前記再生信号の品質評価値を算出したとき、
前記評価値が 1×10^{-3} 以下となることを特徴とする情報記録媒体。

【請求項8】 前記品質評価値を第1の評価とし、所定のデータ列及び所定のパーシャルレスポンス特性から求められる目標信号と、クロック周期毎の再生信号との差異である等化誤差をクロック周期毎に算出し、異なる時刻の等化誤差の積に基づいて信号品質を評価する方法による評価値を第2の評価値とし、この

第 2 の評価値と前記第 1 の評価値とを併用して、最終的な評価を得た場合、

前記第 1 の評価値が 1×10^{-3} 以下であり、かつ、前記第 2 の評価値が 1 2 以上となることを特徴とする請求項 7 記載の情報記録媒体。

【請求項 9】 前記第 1 の評価値および前記第 2 の評価値と、前記再生信号の誤り訂正を行なう誤り訂正復号器からの媒体欠陥を主要因とする第 3 評価値とから、最終的な評価を得るようにした場合、前記第 1 の評価値が 1×10^{-3} 以下であり、かつ、前記第 2 の評価値が 1 2 以上であり、かつ、前記第 3 の評価値が 8 E C C ブロックの中で 2 8 0 以下となることを特徴とする請求項 8 記載の情報記録媒体。

【請求項 1 0】 前記品質評価値を第 1 の評価とし、所定のデータ列及び所定のパーシャルレスポンス特性から求められる目標信号と、クロック周期毎の再生信号との差異である等化誤差をクロック周期毎に算出し、異なる時刻の等化誤差の積に基づいて信号品質を評価する方法による評価値を第 2 の評価値とし、この第 2 の評価値と前記第 1 の評価値とを併用して、最終的な評価を得た場合、

前記第 2 の評価値が 1 5 以上となることを特徴とする請求項 7 記載の情報記録媒体。

【請求項 1 1】 情報記録媒体において、PRML（パーシャルレスポンスアンドマキシマムライクリーフッド）識別方式を用いて再生した再生信号を評価する場合、

グループ化された所定ビット系列対と識別データとの一致を検出し、

一致した場合にはビット系列とその対の理想応答を算出し、

2 つの前記理想応答と等化信号とのユークリッド距離を算出し、

2 つのユークリッド距離の差を求め、

グループ毎に前記ユークリッド距離の差の平均・標準偏差を算出し、

平均・標準偏差と前記所定ビット系列の出現確率と所定ビット系列対のハミング距離とから前記再生信号の品質評価値を算出したとき、

前記評価値が 5×10^{-5} 以下となることを特徴とする情報記録媒体。

【請求項 1 2】 前記品質評価値を第 1 の評価とし、所定のデータ列及び所定のパーシャルレスポンス特性から求められる目標信号と、クロック周期毎の再

生信号との差異である等化誤差をクロック周期毎に算出し、異なる時刻の等化誤差の積に基づいて信号品質を評価する方法による評価値を第2の評価値とし、この第2の評価値と前記第1の評価値とを併用して、最終的な評価を得た場合、

前記第1の評価値が 5×10^{-5} 以下であり、かつ、前記第2の評価値が15以上となることを特徴とする請求項11記載の情報記録媒体。

【請求項13】 前記第1の評価値および前記第2の評価値と、前記再生信号の誤り訂正を行なう誤り訂正復号器からの媒体欠陥を主要因とする第3評価値とから、最終的な評価を得るようにした場合、前記第1の評価値が 5×10^{-5} 以下であり、かつ、前記第2の評価値が15以上であり、かつ、前記第3の評価値が8 ECCブロックの中で280以下となることを特徴とする請求項12記載の情報記録媒体。

【請求項14】 前記評価値の算出には、等化信号100000チャンネルビット分以上を用いることを特徴とする請求項1記載の信号評価方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、情報記録媒体から再生された信号を評価する信号評価方法と、情報記録再生装置及び情報記録媒体に関するもので、特に情報記録媒体に記録された信号を再生し、その再生信号の評価を行う評価手段、評価方法の改善に係わる。

【0002】

【従来の技術】

情報記録再生装置における信号処理として、PRML (Partial Response and Maximum Likelihood) (パーシャルレスポンスアンドマキシマムライクリーフッド) 識別方式がある。

【0003】

また、PRML 識別方式を用いたシステムにおける信号品質の評価に関連する技術として、特開2002-358738に記載された技術がある。

【0004】

ここでは、差メトリック分布を作成し、この分布を正規分布として想定し、正

規分布の標準偏差 σ 、平均 μ を求める。標準偏差 σ 、平均 μ から、誤差関数を用いて、正規分布でピーク 0 以下の領域の面積（エラー率）を求める。

【0005】

【特許文献1】

特開平2002-38738号公報（段落番号0023、段落番号0024、図4、図5）。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の正規分布は、必ずしも正確なものではなく異なる複数の正規分布が重畳された形態となっている。その結果、エラー率が正しく推定できず、信号品質の評価が正しくできないという問題がある。

【0007】

そこで本発明は、正しく信号品質を評価する方法を提供することを目的とする。また、本発明は、十分な信頼性の情報の記録再生を行うことができる情報記録再生装置を提供することを目的とする。また、本発明は、十分な信頼性の情報の記録再生を行うことができる情報記録媒体を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明は、基本的には、PRML識別方式を用いた情報記録再生装置において、グループ化された複数の所定ビット系列対と識別データとの一致検出手順と、一致した場合にはビット系列とその対の理想応答を算出する手順と、2つの前記理想応答と等化信号とのユークリッド距離を求める手順と、ユークリッド距離の差を求める手順と、グループ毎に前記ユークリッド距離の差の平均・標準偏差を求める手順と、平均・標準偏差と前記所定ビット系列の出現確率と所定ビット系列対のハミング距離とから再生信号の品質評価値を算出する手順とを備えたことを特徴とする。しかし本発明は、この範囲のみに限定されるのではなく、後述する方法、装置および媒体もその範囲に包含するものである。

【0009】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明による情報記録再生装置とその信号評価方法及び情報記録再生媒体の実施の形態を説明する。

【0010】

先ず、本発明の前提となるPRML識別方式の説明を行う。PRML識別方式では記録再生特性に応じたPR (Partial Response) 特性が用いられる。例としてPR (1, 2, 2, 1) 特性の説明をする。PR (1, 2, 2, 1) 特性とは、符号ビット '1' に対する応答が '1221' となる特性のことを表す。符号ビット系列と系列1221との畳込み演算が応答となる。例えば、符号ビット系列0010000に対する応答は、0012210となる。同様に、符号ビット系列00110000の応答は、00134310、符号ビット系列001110000の応答は、000135531、符号ビット系列00011110000の応答は、00013565310となる。

【0011】

前記の符号ビット系列とその応答との関係は、理想的なPR特性の場合にのみ成り立つ。この意味で前記の応答を、以下、理想応答と呼ぶ。実際の応答には雑音が含まれており、ML (Maximum Likelihood) 識別では、雑音を含む応答と各種理想応答とを比較し、その距離が最も小さい理想応答を選択出力する。

【0012】

ML識別では、前記比較のための距離として、ユークリッド距離を用いている。系列A ($=A_0 A_1 \cdots A_n$) と系列B ($=B_0 B_1 \cdots B_n$) 間のユークリッド距離 E^2 は、

$$E^2 = \sum (A_i - B_i)^2$$

で定義される。

【0013】

次に長さNサンプルの全理想応答と等化信号 (長さNサンプル) とのユークリッド距離を、SAM計算処理する。計算した全ユークリッド距離の中から、最も小さい値 E_{\min} と、その次に小さい値 E_{next} を選出する。選ばれた E_{\min} 、 E_{next} に対し $E_{\text{next}}^2 - E_{\min}^2$ (= SAM) を計算する。 $E_{\text{next}}^2 - E_{\min}^2$ が大きい

程、識別誤りの発生確率は低いと考えられる。

【0014】

具体的に数字を用いて説明する。長さ9サンプルの2種類の等化信号を S_1 、 S_2 とし、各々以下に示される内容とする。

【0015】

$$S_1 = [5.9 \quad 6.1 \quad 5.9 \quad 4.9 \quad 2.9 \quad 0.9 \quad 0.1 \quad 0.0 \quad 0.1]$$

$$S_2 = [5.8 \quad 6.0 \quad 5.8 \quad 4.7 \quad 2.7 \quad 1.1 \quad 0.2 \quad 0.1 \quad 0.2]$$

等化信号 S_1 、 S_2 とのユークリッド距離が最小となる理想応答は共に、 $[6 \quad 6 \quad 5 \quad 3 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0]$ (ビット系列 $[1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0]$ の理想応答) である。同様に、等化信号 S_1 、 S_2 とのユークリッド距離が2番目に最小となる理想応答は共に、 $[6 \quad 6 \quad 5 \quad 3 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0]$ (ビット系列 $[1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0]$ の出力) である。 S_1 に対し、 E_{\min}^2 、 E_{next}^2 は、

$$\begin{aligned} E_{\min}^2 &= (6 - 5.9)^2 + (6 - 6.1)^2 + (6 - 5.9)^2 + \dots + (0 - 0.1)^2 \\ &= 0.08 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{\text{next}}^2 &= (6 - 5.9)^2 + (6 - 6.1)^2 + (5 - 5.9)^2 + \dots + (0 - 0.1)^2 \\ &= 8.88 \end{aligned}$$

となる。同様に、 S_2 に対し、 E_{\min}^2 、 E_{next}^2 は、

$$\begin{aligned} E_{\min}^2 &= (6 - 5.8)^2 + (6 - 6.0)^2 + (6 - 5.8)^2 + \dots + (0 - 0.2)^2 \\ &= 0.36 \end{aligned}$$

$$E_{\text{next}}^2$$

$$\begin{aligned}
 &= (6 - 5.8)^2 + (6 - 6.0)^2 + (5 - 5.8)^2 + \dots + (0 \\
 &\quad - 0.2)^2 \\
 &= 7.76
 \end{aligned}$$

となる。ここで、 S_1 については、 $E_{\text{next}}^2 - E_{\text{min}}^2 = 8.8$ 、 S_2 については、 $E_{\text{next}}^2 - E_{\text{min}}^2 = 7.4$ となる。この結果 S_1 の方が誤りが発生し難いと言える。

【0016】

上記のように、SAM値を必要数個計算し、複数個のSAM値から、エラー率を推定する。以下にエラー率の推定方法について述べる。

【0017】

SAM値の分布として、0に近い分布を正規分布として想定し、正規分布の標準偏差 σ 、平均 μ を求める。標準偏差 σ 、平均 μ から、誤差関数を用いて、正規分布で0以下の領域の面積（エラー率）を求める。

【0018】

しかし、この場合も、SAMの分布は、実際には標準偏差と平均との異なる複数の正規分布が重畳された形態となっており、閾値 T_h 以下は正規分布とはならない。その結果、エラー率が正しく推定できず、信号品質の評価が正しくできない場合がある。

【0019】

そこで、この発明ではさらに確実な評価が実現できる方法を提供するものである。本説明では、PR特性は、PR(1, 2, 2, 2, 1)特性、変調符号は、(1, 7)RL符号を用いる。

【0020】

具体的な実施の形態の説明の前に、本発明の原理を説明する。ここでは、まず、PRML方式において、ある記録パターンTが別のパターンFに誤識別される確率を考える。パターンTがパターンFに誤識別される条件は、再生信号をS、パターンT、Fの理想信号を各々PT、PFとしたとき（図1）

【数 1】

$$D = E_{PF,S}^2 - E_{PT,S}^2 < 0 \quad (1)$$

【数 2】

$$E_{P1,P2} = \sqrt{\sum_i (P1_i - P2_i)^2} \quad (2)$$

となる。

【0021】

$E_{PF,S}$ は、理想信号PFと再生信号Sとのユークリッド距離、 $E_{PT,S}$ は、理想信号PTと再生信号Sとのユークリッド距離、 $E_{P1,P2}$ は、信号P1と信号P2とのユークリッド距離である。

【0022】

TのFへ誤識別が発生する確率は、累積したD値の分布（図2）を正規分布と仮定し、その平均、標準偏差を各々 μ 、 σ とすると、

【数 3】

$$F(0) = \int_{-\infty}^0 \frac{\exp\left\{-(x-\mu)^2/2\sigma^2\right\}}{\sigma\sqrt{2\pi}} dx \quad (3)$$

と表される。誤りの発生し易いパターン対T、Fに対し、式（3）を求めることで、 bER （ビットエラー）の推定値、

【数 4】

$$\text{推定}bER = \sum C_T \cdot F(0) \cdot H_{T,F} \quad (4)$$

が求められる。ただし、 C_T は、パターンTの発生確率、 $H_{T,F}$ は、TとFのハミング距離を示す。

【0023】

続いて、パターンT、Fの選定方法について簡単に説明する。パターンT、Fの選定方法には、式(2)のユークリッド距離を用いるのが有効である。一般的にパターンTとFのユークリッド距離 $E_{T,F}$ の増加に対し、誤り発生確率は指数関数的に減少する。したがって、ユークリッド距離 $E_{T,F}$ がある値以下となるパターン対から、推定BERを求めれば良い。

【0024】

(実施例1)

図3に本発明の構成を示す。情報記録媒体つまり光ディスク101にマーク、スペースとして記録された情報は、光ヘッド装置(PUH)102を通して微弱なアナログ信号として読み出される。微弱なアナログ信号は、増幅器(プリアンプ)103で十分な大きさに増幅される。増幅されたアナログ再生信号は、アナログデジタル(AD)変換器104でデジタル再生信号へと変換される。デジタル再生信号は等化器105によって、使用するPR特性に応じた波形へと等化される(以下、等化信号と呼ぶ)、ビタビ復号器106と評価値算出器107へ送られる。ビタビ復号器106では、等化信号がビタビアルゴリズムに従って二値の識別データへ復号される。識別データは、図示しない後段回路へ送られ、必要に応じて復調、誤り訂正等の処理を施された後、ユーザへと渡される。また、識別データは、評価値算出器107へも送られる。評価値算出器107は等化信号と識別データを用いて評価値を計算する。

【0025】

評価値算出器107は、時間調整用の遅延器201、識別データと参照テーブル202のデータとのパターン比較を行うパターン比較器203を有する。評価値計算器204では、等化信号とパターン比較の結果得られる理想信号とを用いた評価値計算が実行される。

【0026】

図4に評価値計算の手順を示す。ビタビ復号器106から識別データを取得し、予め用意した参照テーブル202のデータパターン(参照データ)とを比較する(ステップA1)。参照テーブル202には誤り易いパターン対T、Fが登

録されている。ここで、パターンTはパターンFに誤り易く、また逆にパターンFはパターンTに誤り易い。前記比較の結果、識別データと参照テーブル202に登録されたあるデータパターンTとが一致した場合には、等化信号S、パターンTの理想信号PT、パターンFの理想信号PFとを用いて、式(1)で表されるD値を計算する。T、Fの所属グループ毎に、D値の平均、標準偏差を算出する(T、Fの所属グループについては後述)。データ数が十分に達し、データ取得が終了した段階で、所属グループ毎に、式(3)で表されるF(0)を算出する。続いて、式(4)で表される推定エラー率を算出する。データ数が不十分な場合、推定エラー率の演算精度が不十分になってしまう。したがって、データ数としては、100000個以上必要である。

【0027】

明細書の後半の図面の簡単な説明の前に、テーブル(1-1)とテーブル(1-2)乃至テーブル(2-1)とテーブル(2-2)を示している。このテーブル(1-1)とテーブル(1-2)乃至テーブル(2-1)とテーブル(2-2)は、誤り易いパターン対T、Fの所属グループ例を示す。誤り易いパターン対T、Fはテーブル(1-1)とテーブル(1-2)のグループと、テーブル(2-1)とテーブル(2-2)のグループとは、それぞれ同一の108対のパターンが示されており、グループ化の方法のみが異なる。

【0028】

108対のパターンの選び方は、先頭4ビット、および、最終4ビットが同一であり、かつ、 $T \neq F$ となるパターン対であり、かつ、(1, 7)RL符号の変調規則を満足するものである。テーブル(1-1)とテーブル(1-2)では、108対の各々を1つのグループとし、合計108種類のグループを構成する例である。詳細にパターン分類されていることにより、推定エラー率の精度が高い反面、必要データ収集数が多く、かつ、処理回路が複雑になるという特徴がある。

【0029】

必要データ収集数の低下と処理回路の簡単化、かつ、推定エラー率の精度を十分に満足することを目的とし、テーブル(2-1)とテーブル(2-2)では、

符号ビット 1 または 0 の連続数に着目したグループ化をする。以下、符号ビット 1 がマーク、符号ビット 0 がスペースに対応するとする。符号ビット 1 が n 個連続する系列を nT_m 、符号ビット 0 が n 個連続する系列を mTs と表現する。テーブル (2-1) とテーブル (2-2) では、以下のようにグループ化されている。なお、以下では、パターン T がどのように変化してパターン F になるかを示した。

【0030】

グループ 1 : $3T_m$ の最終符号ビットが 0 に変化
グループ 2 : $4T_m$ の最終符号ビットが 0 に変化
グループ 3 : nT_m ($n > 4$) の最終符号ビットが 0 に変化
グループ 4 : $3T_m$ の先頭符号ビットが 0 に変化
グループ 5 : $4T_m$ の先頭符号ビットが 0 に変化
グループ 6 : nT_m ($n > 4$) の先頭符号ビットが 0 に変化
グループ 7 : $2T_m$ の後続符号ビットが 1 に変化
グループ 8 : $3T_m$ の後続符号ビットが 1 に変化
グループ 9 : nT_m ($n > 3$) の後続符号ビットが 1 に変化
グループ 10 : $2T_m$ の先導符号ビットが 1 に変化
グループ 11 : $3T_m$ の先導符号ビットが 1 に変化
グループ 12 : nT_m ($n > 3$) の先導符号ビットが 1 に変化
グループ 13 : $2Ts$ のみが前方に 1 ビットシフト
グループ 14 : $2T_m$ のみが後方に 1 ビットシフト
グループ 15 : $2Ts$ のみが後方方に 1 ビットシフト
グループ 16 : $2T_m$ のみが前方に 1 ビットシフト。

【0031】

テーブル (2-1) とテーブル (2-2) のようにグループ化することで、グループ数は 16 種類になる。1 グループに所属するパターン数が増加することにより、必要データ収集数が低下し、処理回路が簡単になる。

【0032】

テーブル (2-1) とテーブル (2-2) のグループ化でグループ 1 乃至 3 は

、 $3T_m$ 、 $4T_m$ 、 nT_m ($n > 4$) であつたが、同様に $3T_m$ 、 $4T_m$ 、 $5T_m$ 、 nT_m ($n > 5$) のようなグループ化の方法も考えられる。その場合には、それに応じて、パターン対の数も増加させればよい。

【0033】

テーブル (2-1) とテーブル (2-2) では、符号ビット 1 の連続数 (マークの長さ) に着目したグループ化の方法である。テーブル (2-1) とテーブル (2-2) のような分類は、特に再生専用光ディスクの評価には有効である。また、逆に符号ビット 0 に着目したグループ化の方法も考えられる。パターンのグループ化の方法は、これに限らず多数存在する。実際の評価において、どのようなグループ化の方法が適切であるかは、記録再生系の特性に依存する。

【0034】

実施例 1 の方法による評価値 (推定 bER) が 1×10^{-3} を超える場合、図示しない後段の誤り訂正処理を実施しても誤り訂正不能な識別誤りが多数発生することに対応する。したがって、推定 bER が 1×10^{-3} 以下となる情報記録媒体を選別するようにする。

【0035】

また、記録再生系の各種性能劣化要因、例えば、焦点誤差や光学収差、を考慮すれば、推定 bER 値は 5×10^{-5} 以下であるが必要である。このことから、推定 bER が 5×10^{-5} 以下となる情報記録媒体を選別するようにする。

【0036】

(実施例 2)

図 5 に前述の評価値、あるいは、前記評価値を算出するための中間計算結果を用いて記録波形を調整する回路を示す。図 3 の回路と対応するブロックには同一符号を付している。このシステムでは、評価値、または、中間計算結果がある規定値を満足するように記録波形生成器 301 では、記録パラメータ調整を行う。この調整が行なわれた記録データが、光ヘッド装置 102 に入力される。

【0037】

テーブル (1-1) とテーブル (1-2) 記載の参照テーブルと、所属グループ毎に算出した平均、標準偏差を用いて記録パラメータを調整する方法を説明す

る。平均を μ 、標準偏差を σ とすると、 $Z (= \mu / \sigma)$ の値が大きい程、パターンTがパターンFに誤識別される確率が小さい。したがって、Z値がある規定値以上であれば、記録パラメータは適正である。例えば、テーブル(1-1)とテーブル(1-2)のグループ4のZ値が規定値以下であったとする。グループ4は、連続する3T_m、3T_sのパターンが、連続する2T_m、4T_sに誤識別されるグループである。グループ4のZ値が規定値以下の場合、記録波形生成器では、連続する3T_m、3T_sを記録時に、マークの後端が長くなるように記録パラメータの調整をする。他のグループについても、同様に、Z値が規定値以下であれば記録パラメータを調整することにより、誤識別の発生確率を減少させることができる。記録パラメータの調整する方向、つまり、マークを長くするか、短くするかは、グループの属性により明らかである。この実施例では、中間計算結果として、 $Z (= \mu / \sigma)$ を用いたが、式(3)の $F(0)$ 、あるいは、式(4)の途中で算出される $C_T F(0) H_T, F$ を用いても良い。

【0038】

前記では、前述の評価値、あるいは、中間計算結果を用いて、記録波形を調整する方法を示した。本発明は、これに限らず、フォーカス調整、トラッキング調整、チルト調整にも利用可能である。

【0039】

(実施例3)

図6と図7に本発明の第3の実施例および第4の実施例の構成を示す。図6の実施例を先に説明し、図7の実施例は、後で説明することにする。光ディスク101にマーク、スペースとして記録された情報は、PUH102を通して微弱なアナログ信号として読み出される。微弱なアナログ信号はプリアンプ103で十分な大きさに増幅される。増幅されたアナログ再生信号は、AD変換器104でデジタル再生信号へと変換される。デジタル再生信号は等化器105によって使用するPR特性に応じた波形へと等化され、ビタビ復号器106と第1評価値計算器107と第2評価値算出器108へ送られる。

【0040】

ビタビ復号器106では、ビタビアルゴリズムに従って二値の識別データへ復

号される。識別データは、図示しない後段回路へ送られ、必要に応じて復調、誤り訂正等の処理を施された後、ユーザへと渡される。また、識別データは、第1評価値算出器107と第2評価値算出器108へも送られる。第1評価値算出器107は、図3に示される評価値算出器と同一であり、第1評価値は、図3の評価値を表す。第2評価値算出器108は等化信号と識別データとから第2評価値を算出する。

【0041】

第2評価値算出器108の構成および第2評価値について以下に説明する。

【0042】

第2評価値算出器108は、基本的には、光ディスク媒体に予めエンボス形成により記録、もしくは光学的情報記録装置により記録された信号の品質評価方法において、所定のデータ列及び所定のパーシャルレスポンス特性から求められる目標信号と、クロック周期毎の再生信号との差異である等化誤差をクロック周期毎に算出し、異なる時刻の等化誤差の積に基づいて信号品質を評価する。

【0043】

先ず、第2評価値算出器108の原理から説明する。

【0044】

PRMLではビタビ復号と呼ばれるアルゴリズムに基づいてデータの判別が行われる。ビタビ復号では、クロック周期毎に、再生信号の値とパーシャルレスポンスで定められる所定のレベルとの差の自乗を算出し、各パスに沿ってその自乗和を算出し、自乗和が最小となるパスを選択することによりデータの復号が行われる。

【0045】

ビタビ復号で検出誤りが起きやすいのは、パス間のユークリッド距離が小さい場合である。異なるパス間のユークリッド距離 d は、一方のパスに沿ったデータ列 b_k で定められる多項式を $B(D)=\sum b_k D^k$ 、他方のパスに沿ったデータ列 c_k (b_k, c_k は1もしくは-1の2値データ)で定められる多項式を $C(D)=\sum c_k D^k$ 、パーシャルレスポンスを規定する多項式 $H(D)=\sum h_k D^k$ として、 $N(D)=(B(D)-C(D))H(D)=2\sum \epsilon_i D^i$ として、 $d^2=4\sum \epsilon_i^2$ で定義される

。ここで、 D はクロック時間を単位とする時間遅延演算子を表し、 h_k は所定のパーシャルレスポンス特性を表す。パーシャルレスポンス特性は、一般に0でない h_k の成分を使用して $PR(h_0, h_1, h_2, h_3, \dots)$ と記述される。

【0046】

パーシャルレスポンスを $h_0 = 1$, $h_1 = 2$, $h_2 = 1$, h_3 以降はすべて0 (この場合 $PR(1, 2, 1)$ と表現される) とし、データ列 b_k を $b_0 = 1$, $b_1 = 1$, $b_2 = -1$, b_3 以降はすべて -1 、また、データ列 c_k を $c_0 = -1$, $c_1 = 1$, $c_2 = 1$, c_3 以降はすべて -1 とすると、データ列 b_k に沿ったパスとデータ列 c_k に沿ったパス間のユークリッド距離は、 $N(D) = 2(1 - D^2)(1 + 2D + D^2)$
 $= 2 * (1 + 2D - 2D^3 - D^4)$ から $d^2 = 4 * (1 * 1 + 2 * 2 + 2 * 2 + 1 * 1)$ と求められる。(2値データを表現するのに1/0の組み合わせを用いる場合と、1/-1の組み合わせを用いる場合があるが、本明細書では1/-1の組み合わせを用いている。)

PR 多項式が規定されれば、各々の ϵ_i の組み合わせについてパス間のユークリッド距離を算出することができる。なお、光ディスクでは一般に $d \geq 1$ のラン長制限の記録符号が用いられ、例えば、 $d = 1$ の記録符号の場合、ディスク上には $2T$ 以上の長さのマークが記録される。この制限をユークリッド距離算出において考慮するには、 ϵ_i の組み合わせについて $\epsilon_i \epsilon_{i+1} \neq -1$ という制約を課せば良い。すなわち、 $\epsilon_i \epsilon_{i+1} = -1$ を満たすデータ列は例えば、データ列 b_k として、 $(x, 1, -1, y)$ 、データ列 c_k として、 $(x, -1, 1, y)$ が考えられるが、 $d = 1$ の制限下では、 $(1, -1, 1)$ もしくは $(-1, 1, -1)$ というパターンは禁じられているので、 $x = -1$ もしくは $y = 1$ の場合にはデータ列 b_k がラン長制限を破るパターン(存在し得ないパターン)となり、また、 $x = 1$ もしくは $y = -1$ の場合にはデータ列 c_k がラン長制限を破るパターンとなるため、ラン長制限を満たしつつ、 $\epsilon_i \epsilon_{i+1} = -1$ を満足するデータ列 b_k 、 c_k の組み合わせは存在しないこととなる。また、ディスク上に記録されるマークの長さが $3T$ 以上の場合には $\epsilon_i \epsilon_{i+1} \neq -1$ 、かつ、 $\epsilon_i \epsilon_{i+2} \neq -1$ の制約を課せば良い。

【0047】

ユークリッド距離が d の 2 つのパス間で検出誤りが起こる確率は、例えば、データ列 b_k を基準に考えると、ノイズの影響により $\sum (y_k - \sum b_{k-i} h_i)^2$ が $\sum (y_k - \sum c_{k-i} h_i)^2$ より大きくなる確率と等価である。データ列 b_k を基準に考えた場合、 $y_k - \sum b_{k-i} h_i$ は等化誤差であり、また、 $\sum (y_k - \sum b_{k-i} h_i)^2$ と $\sum (y_k - \sum c_{k-i} h_i)^2$ の大小関係は、 $B(D)H(D)$ と $C(D)H(D)$ の差で定義される多項式の係数をベクトルの成分と見なしてエラーベクトルを定義し、そのエラーベクトル上に等化誤差を射影して考えても良く、この場合、検出誤りが起こる確率は、エラーベクトル上に射影されたノイズの大きさ（ノイズの分散）が、パス間のユークリッド距離の半分より大きくなる確率で定義されることになる。従って、パス間のユークリッド距離とエラーベクトル上に射影されたノイズの分散の比を算出すれば、信号品質を推定することが可能となる。なお、基準となるデータ列は、記録条件の調整時など事前にデータが分かっている場合にはそのデータ列を、また、データが分からない場合には、確からしいデータである、ビタビ復号器により 2 値化されたデータを用いれば良い。

【0048】

データ列 b_k を $b_0 = -1$, $b_1 = 1$, b_2 以降すべて 1、また、データ列 c_k を $c_0 = 1$, c_1 以降もすべて 1 とすると、 $A(D) = C(D) - B(D) = 2 \sum a_j D^j$ において、 $\epsilon_0 = 1$, ϵ_1 以降はすべて 0 となる。

【0049】

例えば、 $H(D)$ として、 $h_0 = 1$, $h_1 = 2$, $h_2 = 2$, $h_3 = 1$ を用いる場合（ $PR(1, 2, 2, 1)$ に相当）、エラーベクトルを規定する多項式 $N(D) = A(D)H(D) = 2 \sum \epsilon_i D^i$ の係数 ϵ_i は $\epsilon_0, \epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ の順に $(1, 2, 2, 1)$ となる。したがって、 $PR(1, 2, 2, 1)$ に対して、上記データ列 b_k を上記データ列 c_k と誤る確率は、 $2 * (1, 2, 2, 1)$ 上に射影された等化誤差の大きさが 2 つのパス間のユークリッド距離（この場合は、 $2 * (1 + 2 * 2 + 2 * 2 + 1)^{1/2}$ ）の半分より大きくなる確率となる。等化誤差のエラーベクトル上への射影は、

【数5】

$$\frac{2 \sum_i \varepsilon_i v_{k+i}}{2 \sqrt{\sum_i \varepsilon_i^2}}$$

で表されるので、エラーベクトル上に射影されたノイズの分散CNは

【数6】

$$CN = \frac{\sum_{k=1}^N (\sum_i \varepsilon_i v_{k+i})^2}{N \sum_i \varepsilon_i^2}$$

で表されることとなる。信号振幅に相当する2つのパス間のユークリッド距離の半分は

【数7】

$$\sqrt{\sum_i \varepsilon_i^2}$$

であり、電力に相当するその振幅の自乗Eは

【数8】

$$E = \sum_i \varepsilon_i^2$$

であるので、E/CNが誤り確率と相関を有する指標として求められる。(A(D)及びN(D)の全体にかかる係数2は、計算結果に影響を与えないので、係数2を省略して、A(D)= $\sum \varepsilon_j D^j$ 、N(D)= $\sum \varepsilon_i D^i$ として式を算出しても結果は同一である。)

以上説明したように、クロック周期毎の再生信号の値 y_k 、目標信号生成のための所定のデータ列 a_k 、所定のパーシャルレスポンス特性 h_k に対して、等化誤差

を $y_k = (y_k - \sum a_{k-i} h_i)$ 、クロック時間を単位とする時間遅延演算子を D 、 1 、 0 、 -1 の 3 種類のいずれかの値を取り、かつ、 $\alpha_j \alpha_{j+1} \neq -1$ を満足する係数を α_j として定義される多項式を $A(D) = \sum \alpha_j D^j$ 、パーシャルレスポンスを規定する PR 多項式を $H(D) = \sum h_k D^k$ とし、 $N(D) = A(D)H(D) = \sum \epsilon_i D^i$ で定義される多項式に基づいて

【数 9】

$$S = \frac{N (\sum_i \epsilon_i^2)^2}{\sum_{k=1}^N (\sum_i \epsilon_i v_{k+i})^2}$$

で定義される信号品質評価値を算出すれば、検出誤りを起こす確率、すなわち再生信号の信号品質を評価することが可能となる。

【0050】

誤りやすいデータ列の組み合わせの 1 例として、上記では、 b_k と c_k を引用して説明を行ったが、エラーベクトル上に射影されたノイズの分散を算出する際、必ずしも、データ列 b_k のみを選択して等化誤差を算出する必要はなく、すなわち、目標信号生成のためのデータ列 a_k の中からデータ列 b_k に相当する時刻を抽出して等化誤差の分散を算出する必要はなく、毎クロック時刻毎に算出された等化誤差を用いて分散を算出しても良い。これは、等化誤差がガウス分布に従って確率的に分布しているのであれば、特定部分を抽出して分散を算出しても、全体を用いて分散を算出しても結果は変わらないからである。もちろんある特定のデータ列 b_k にのみ着目してノイズの分散を計算しても良いが、パターンを選別せずに等化誤差の分散を算出の方が回路の構成がより簡略になるという利点がある。

【0051】

図 8 は前述の信号品質評価値 S を算出するための機能ブロックの 1 例を表している。再生波形を AD 変換器により一定周波数でサンプリングした後、 PLL (位相同期ループ) 回路を含んだ等化器によりクロック周期毎の等化再生波形データが得られる。等化は、ノイズ成分をできるだけ抑制しつつ、再生波形が PR 波

形に基づく目標波形にできるだけ近づくように等化される。信号品質評価器 108 は、入力した等化再生波形を用いて信号品質評価値 S を算出して、再生波形の品質評価を行う。なお、再生専用の光ディスクの場合や他の記録装置で記録された記録可能な光ディスクの場合、ディスクに記録された元データ a_k は常に予め知られているとは限らない。この場合は、信号品質評価器 108 に含まれる識別器（ビタビ復号）により 2 値化されたデータを a_k として代用すれば良い。

【0052】

基準の PR 波形を h_i 、識別器 20（ビタビ復号器が代表的）により 2 値化データを a_k とすると、目標信号生成器 21 により目標信号 R_k が

【数 10】

$$R_k = \sum_i a_{k-i} \times h_i$$

に基づいて生成され、等化されたクロック周期毎の再生信号 y_k と R_k との差である等化誤差 v_k が比較演算器 22 により求められる。等化誤差をエラーベクトル上に射影するため、タップ 23 によりクロック周期毎に等化誤差を遅延させ、タップ係数 ϵ_i を介して足し合わせる構成となっている。 ϵ_i は、前述した $N(D)$ の係数である。 ϵ_i の組み合わせを j で区別し、それに対応する S の値を S_j と定義すると、タップ (D) の総数 m は j によって変化することになる。例えば、仮に $j=1$ に対応する ϵ_i の組み合わせを $\epsilon_0=1, \epsilon_1=1, \epsilon_2=0, \epsilon_3=0, \epsilon_4=1, \epsilon_5$ 以降はすべて 0 とし、 $j=2$ に対応する ϵ_i の組み合わせを $\epsilon_0=1, \epsilon_1=2, \epsilon_2=1, \epsilon_3$ 以降はすべて 0 とすると、 S_1 を算出する場合は $m=4$ 、 S_2 を算出する場合は $m=2$ となる。組み合わせ j に応じてタップ数を変化させるのが煩雑な場合は、タップ数を十分に多く（例えば 15～20 程度）確保しておき、計算に必要なタップ係数を 0 に設定しておけば良い。

【0053】

タップ係数を介して足し合わされた等化誤差を乗算器 24 で自乗し、等化誤差のサンプル総数 N について和算器 25 により足し合わせることで、エラーベクトル上に射影されたノイズの分散に比例する (N 及び $\sum \epsilon_i^2$ で割ると分散になるが

、 N 及び $\sum \epsilon_i^2$ は定数であるので乗算器 24 の係数として用いられている) 値が求められる。除算器 26 によりこの値の逆数を取り、乗算器 27 で $(N \sum \epsilon_i^2) * \sum \epsilon_i^2$ との積を取ることで S が求められる。なお、再生波形のサンプル総数は正確には $N+m$ 必要であるが、 N は 10^4 以上(必要なサンプル総数については後述する)であるのに対し、 m はたかだか 20 程度であるので、本明細書中ではサンプル数を N として統一して表現している。

【0054】

S の値を算出するさらに別の実施の形態について説明する。

【0055】

$\sum (v_{k+2} v_{k+1} + 2 v_{k+2} v_{k+3} + v_{k+4})^2$
 $= N * (1.4 R_0 + 2.4 R_1 + 1.6 R_2 + 8 R_3 + 2 R_4)$ 、($R_i = \sum v_k v_{k+i} / N$ と定義)
 であることを利用してもよい。 R_i は等化誤差の自己相関に相当し、 R_0 以外の値が 0 であれば、等化誤差は白色である。このように自己相関の関数として S を表現することが可能である。

【0056】

図 9 は、この表現で表される S の値を算出するための機能ブロックの構成の 1 例である。先の図 8 の場合と異なり、等化誤差の自己相関を計算し、それらを所定の重み付け(乗算器 61 により係数 β_i を乗算)を行った後和を取る構成となっている。乗算器 61 の係数 β_i は、例えば S_1 を算出するには、 S_1 の分子を $1.4 * 1.4$ とした場合は、 $\beta_0 = 1.4$ 、 $\beta_1 = 2.4$ 、 $\beta_2 = 1.6$ 、 $\beta_3 = 8$ 、 $\beta_4 = 2$ 、 S_1 の分子を 1.4 とした場合は $\beta_0 = 1.4 / 1.4$ 、 $\beta_1 = 2.4 / 1.4$ 、 $\beta_2 = 1.6 / 1.4$ 、 $\beta_3 = 8 / 1.4$ 、 $\beta_4 = 2 / 1.4$ とすれば良い。図 9 における乗算器 61 の個数は算出する S_j により変化し、上記の S_3 を求めるには 9 個の乗算器が必要となる。この場合もパターンによって乗算器の個数を変化させるのが煩雑な場合は、十分多い(15 ~ 20 個程度)乗算器を確保しておき、演算に関係ない乗算器の係数を 0 にしておけば良い。

【0057】

また、図 9 において平均を取らない(サンプル総数 N で割らない)構成を取ることでもでき、その場合は、単に和を取って S の分子(この例では 12 あるいは 1

4) にNをかければ良い。

【0058】

図9に示した構成を用いて、再生専用光ディスクと相変化光ディスクを用いて、評価を行なったところ、図8の実施例と同一のSの値が得られることが確認できた。なお、等化誤差の特性が明らかに白色であること、あるいは、白色に近いことが予め分かっている場合には、 R_0 のみを算出する構成を取ることもできる。

【0059】

上記では、誤りやすいデータ列を判別せずに毎クロック時刻毎の等化誤差に基づいて信号品質評価を行う実施例について記述してきたが、誤りやすい所定のデータ列を判別して、そのデータ列に対する等化誤差を用いて光ディスクの信号品質を評価することも可能である。この場合、図8或は図9に記述した信号品質評価器中に図10に示したような判別器71を設け、誤りやすいデータパターンに対してのみ等化誤差を取り込んで評価するようにすれば良い。図10における判別器71は、判別器で予め設定されたパターンについてのみ等化誤差をその後の処理ブロックに出力する役割を持っている。

【0060】

上記したシステムでは、ジッタでは信号品質が評価できないような高記録密度条件下で、光学的情報記録媒体に記録された信号の品質を評価することが可能となる。また、本発明で規定した信号品質を指標として、記録あるいは再生条件を最適化することが可能となる。

【0061】

上記のシステムは、(a) …光ディスク媒体に予めエンボス形成により記録、もしくは光学的情報記録装置により記録された信号の品質評価方法において、所定のデータ列及び所定のパーシャルレスポンス特性から求められる目標信号と、クロック周期毎の再生信号との差異である等化誤差をクロック周期毎に算出し、異なる時刻の等化誤差の積に基づいて信号品質を評価することを基本としている。また(b) …光ディスク媒体に予めエンボス形成により記録、もしくは光学的情報記録装置により記録された信号の品質評価方法において、ある二組の時系列

データの差分とパーシャルレスポンス特性とを用いて定義されるノイズベクトル上に等化誤差を射影し、射影された等化誤差の分散と、前記二組の時系列データの差分とパーシャルレスポンス特性とを用いて定義されるユークリッド距離との比に基づいて信号品質を評価している。さらにまた (c) … 光ディスク媒体に予めエンボス形成により記録、もしくは光学的情報記録装置により記録された信号の品質評価方法において、クロック周期毎の再生信号の値 y_k 、所定のデータ列 a_k 、所定のパーシャルレスポンス特性 h_k に対して、等化誤差を $v_k = (y_k - \sum a_k - i h_i)$ 、クロック時間を単位とする時間遅延演算子を D 、 $1, 0, -1$ の 3 種類のいずれかの値を取り、かつ、 $\alpha_j - \alpha_{j+1} \neq -1$ を満足する係数を α_j として定義される多項式を $A(D) = \sum \alpha_j D^j$ 、パーシャルレスポンスを規定する PR 多項式を $H(D) = \sum h_k D^k$ とし、 $N(D) = A(D)H(D) = \sum \epsilon_i D^i$ で定義される多項式に基づいて、

【数 11】

$$S = \frac{N(\sum_i \epsilon_i^2)^2}{\sum_{k=1}^N (\sum_i \epsilon_i v_{k+i})^2}$$

で定義される値を算出し、光ディスクに記録された信号の品質を評価している。

【0062】

(d) … また (c) に記載した前記 ϵ_i の組み合わせのうち、 $d = \sum \epsilon_i^2$ を最小とする ϵ の組み合わせ及び 2 番目に小さい d を与える ϵ の組み合わせの少なくとも 2 つに対して得られる前記 S の値に基づいて、光ディスクに記録された信号の品質を評価する方法である。また (e) … (c) のパーシャルレスポンスとして、 $h_0 = 1, h_1 = 2, h_2 = 2, h_3 = 2, h_4 = 1$ を用い、前記 d が 12 及び 14 となる前記 ϵ の組み合わせそれぞれに対して得られる前記 S の値に基づいて、光ディスクに記録された信号の品質を評価する方法である。また (f) … パーシャルレスポンスとして、 $h_0 = 1, h_1 = 2, h_2 = 2, h_3 = 2, h_4 = 1$ を用い、前記 ϵ の組み合わせのうち、下記の少なくとも 3 つの組み合わせそれぞれに対して得られる前記 S の値に基づいて、光ディスクに記録された信号の品質を評価する方法である

。

【0063】

$$\varepsilon \quad \varepsilon_0 = 1, \quad \varepsilon_1 = 2, \quad \varepsilon_2 = 2, \quad \varepsilon_3 = 2, \quad \varepsilon_4 = 1$$

$$\varepsilon \quad \varepsilon_0 = 1, \quad \varepsilon_1 = 2, \quad \varepsilon_2 = 1, \quad \varepsilon_3 = 0, \quad \varepsilon_4 = -1, \quad \varepsilon_5 = -2, \quad \varepsilon_6 = -1$$

$$\varepsilon \quad \varepsilon_0 = 1, \quad \varepsilon_1 = 2, \quad \varepsilon_2 = 1, \quad \varepsilon_3 = 0, \quad \varepsilon_4 = 0, \quad \varepsilon_5 = 0, \quad \varepsilon_6 = 1, \quad \varepsilon_7 = 2, \quad \varepsilon_8 = 1$$

誤識別が発生し易いのは、符号ビットが0から1、または、1から0に変化する遷移点である。誤識別が発生し易いビット系列についてのみからビットエラー率を推定することができる。一方、PRML方式は再生信号の線形性を前提とした識別方式である。誤識別が発生し易いビット系列以外の信号品質が劣悪な場合には、例えば、PRML識別回路の誤動作を招く。したがって、信号全体の線形性の品質評価が必要となる。

【0064】

本発明の第1評価値算出器で実施される信号品質評価方法は、ビットエラー率を推定する。また、第2評価値算出器で実施される信号品質評価方法は、等化信号の線形性を評価する。ビットエラー率の評価と、線形性の評価とが実行されることにより、ビットエラー率と線形性の両方が予め決められた規定値を満足する媒体を選別することができる。

【0065】

また、ビットエラー率の評価と、線形性の評価とは別々に実行されており、これら2つの相対関係を調べることで、信号品質が不十分な場合に、不十分な原因の特定が容易になる。このことは、例えば、図示しない記録波形生成器内で実行される、記録波形のパラメータ調整を容易にする。

【0066】

実施例3の第2評価値が12未満の場合、図示しない後段の誤り訂正処理を実施しても誤り訂正不能な識別誤りが多数発生することに対応する。したがって、第2評価値が12以上となる情報記録媒体を選別するようにする。

【0067】

また、記録再生系の各種性能劣化要因、例えば、焦点誤差や光学収差、を考慮

すれば、第2評価値として15以上は必要である。したがって、第2評価値が15以上の情報記録媒体を選別するようにする。

【0068】

第1評価値と第2評価値のどちらか一方のみ規定値を満たす情報記録媒体は、図示しない後段の誤り訂正処理を実施しても誤り訂正不能な識別誤りが多数発生する場合が存在する。したがって、第1評価値が 1×10^{-3} 以下、かつ、第2評価値が12以上の情報記録媒体を選別するようにする。

【0069】

また、記録再生系の各種性能劣化要因、例えば、焦点誤差や光学収差、を考慮すれば、第1評価値として 5×10^{-5} 以下、かつ、第2評価値として15以上が必要である。したがって、第1評価値が 5×10^{-5} 以下、かつ、第2評価値が15以上の情報記録媒体を選別するようにする。

【0070】

(実施例4)

図7に本発明の第4の実施例の構成を示す。図6の実施例と同一部には同一符号を付している。記録系統において、2値のユーザデータは誤り訂正符号化器121で符号化される。誤り訂正符号には、積符号が用いられる。積符号では、ユーザデータを2次元に配列し、その横方向、および、縦方向のパリティを計算し、計算したパリティ（冗長ビット）を付加する。ここで、横方向に付加した冗長ビットをP I（インナーパリティ）、縦方向に付加した冗長ビットをP O（アウターパリティ）と呼ぶ。2次元に配列したユーザビット全体を称してE C Cブロックと呼ぶ。変調器122では、(1, 7) R L L符号に従った変調処理が行われる。記録波形生成器123では、変調されたデータに応じた記録波形を生成し、P U H 102を介して、光ディスク101上にマーク、スペースとして情報を記録する。

【0071】

光ディスク101にマーク、スペースとして記録された情報は、P U H 102を通して微弱なアナログ信号として読み出される。プリアンプ103、A D変換器104、等化器105、ビタビ復号器106、第1評価値計算器107、第2

評価値算出器 108 による構成は図 6 と同じである。

【0072】

ビタビ復号器 106 では、ビタビアルゴリズムに従って二値の識別データへ復号される。識別データは、復調器 111 で (1, 7) RLL 符号の復号処理が行われた後、誤り訂正回路 112 で誤り訂正処理が行われた後、後段回路へと渡される。また、識別データは、第 1 評価値算出器 107 と第 2 評価値算出器 108 へも送られる。第 1 評価値算出器 107 は、図 3 に示される評価値算出器と同一であり、第 1 評価値は、図 3 の評価値を表す。第 2 評価値算出器 108、および、第 2 評価値は、図 8 或は図 9 或は図 10 に示されるものと同一である。

【0073】

誤り訂正復号器 112 では、復調器 111 出力の二値データを 2 次元に配列し、パリティを用いて誤り訂正処理を行う。ここで、P I を用いて訂正される誤りを P I 誤りと呼ぶ。誤り訂正復号器 112 は、1 ECC ブロック単位で誤り訂正処理を実行すると共に、P I 誤りの個数を第 3 評価値として出力する。

【0074】

本実施例では、第 1 評価値によりビットエラー率を評価し、第 2 評価値により線形性を評価し、第 3 評価値で媒体欠陥を評価する。3 種類の評価が可能なことにより、情報の記録再生に適した光ディスクの厳格な選別が可能となる。

【0075】

第 1 評価値と第 2 評価値と第 3 評価値の少なくとも 1 つが予め定められた規定値を満たさない情報記録媒体は、ユーザデータの信頼性が不足している場合がある。したがって、第 1 評価値が 1×10^{-3} 以下、かつ、第 2 評価値が 12 以上、かつ、第 3 評価値が 8 ECC ブロック当たり 280 以下の情報記録媒体を選別するようにする。

【0076】

また、記録再生系の各種性能劣化要因、例えば、焦点誤差や光学収差、を考慮すれば、第 1 評価値として 5×10^{-5} 以下、かつ、第 2 評価値として 15 以上、かつ、第 3 評価値が 8 ECC ブロック当たり 280 以下が必要である。したがって、第 1 評価値が 5×10^{-5} 以下、かつ、第 2 評価値が 15 以上、かつ、第

3 評価値が 8 ECC ブロック当たり 280 以下の情報記録媒体を選別するようにする。

【0077】

上記した本発明では、(1) …PRML 識別方式を用いた情報記録再生装置において、グループ化された複数の所定ビット系列対と識別データとの一致検出手順と、一致した場合にはビット系列とその対の理想応答を算出する手順と、2つの前記理想応答と等化信号とのユークリッド距離を求める手順と、ユークリッド距離の差を求める手順と、グループ毎に前記ユークリッド距離の差の平均・標準偏差を求める手順と、平均・標準偏差と前記所定ビット系列の出現確率と所定ビット系列系列対のハミング距離とから再生信号の品質評価値を算出する手順とを備えた信号品質評価方法を基本としている。ここで、(2) …前記平均・標準偏差から算出される値を用いて、記録波形の調整を行う情報記録再生装置であってもよい。また(3) …上記(1)記載の評価方法による第1の評価値と、所定のデータ列及び所定のパルシャルレスポンス特性から求められる目標信号と、クロック周期毎の再生信号との差異である等化誤差をクロック周期毎に算出し、異なる時刻の等化誤差の積に基づいて信号品質を評価した第2の評価値とから情報記録媒体を選別する方法であってもよい。

【0078】

さらに(4) …上記(3)記載の評価方法による第1の評価値および第2の評価値と、誤り訂正復号器からの少なくとも媒体欠陥に対する第3評価値とから情報記録媒体を選別する信号評価方法としてもよい。さらに(5) …上記(1)(3)(4)のいずれかの信号評価方法を用いて評価値を算出し、前記評価値が所定値より悪い場合は、所定の改善処理を実施する情報記録再生装置も本発明に相当する。

【0079】

また(6) …上記(1)記載の評価値が 1×10^{-3} 以下となる情報記録媒体もこの発明の範疇である。さらに(7) …上記(3)記載の第1の評価値が 1×10^{-3} 以下であり、かつ、上記(3)記載の第2の評価値が12以上となる情報記録媒体であってもよい。さらにまた(8) …上記(4)記載の第1の評価値

が 1×10^{-3} 以下であり、かつ、上記 (4) 記載の第 2 の評価値が 12 以上であり、かつ、上記 (4) 記載の第 3 の評価値が 8 ECC ブロックの中で 280 以下となる情報記録媒体であってもよい。なおここでは、エラー訂正コード (ECC) ブロックは、DVD において採用されている 182 (列) \times 208 (行) 単位 of データブロックを 1 ECC としている。しかし 1 ECC のカウント方法として、その 2 倍のデータブロック $2 \times (182 \text{ (列)} \times 208 \text{ (行)})$ が 1 ECC としてカウントされるならば、上記 (4) 記載の第 3 の評価値が連続する 8 ECC ブロックの中で 560 以下となる。

【0080】

本発明では、(9) … また上記 (3) 記載の第 2 評価値が 15 以上となる情報記録媒体も含むし、(10) … 上記 (1) 記載の評価値が 5×10^{-5} 以下となる情報記録媒体も含む。(11) … また上記 (3) 記載の第 1 の評価値が 5×10^{-5} 以下であり、かつ、上記 (3) 記載の第 2 の評価値が 15 以上となる情報記録媒体も含む。(12) … さらに上記 (4) 記載の第 1 の評価値が 5×10^{-5} 以下であり、かつ、上記 (4) 記載の第 2 の評価値が 15 以上であり、かつ、上記 (4) 記載の第 3 の評価値が 8 ECC ブロックの中で 280 以下となる情報記録媒体も含む。(13) … また上記 (1) 記載の評価値の算出には、等化信号 100000 チャンネルビット分以上を用いる信号評価方法も範疇である。

【0081】

更にまたこの発明では、上記のいずれかの信号評価方法を用いて評価値を算出し、前記評価値が所定値より悪い場合は、記録波形の調整、再生信号のオフセット調整、ゲイン調整、等化係数調整、トラック調整、フォーカス調整、チルト調整、球面収差調整の少なくとも 1 つの処理を行う情報記録再生装置としても実現可能である。またこの発明は、記録再生装置のみならず、再生装置単独にも適用できることは勿論である。

【0082】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明を用いることにより、光ディスクからの再生信号を正確に品質評価することが可能となり、前記品質評価による評価値を利用する

ことにより、情報記録再生装置の記録条件、あるいは、再生条件を最適化することができる。

【 0 0 8 3 】

以下は、参照テーブル内に格納されるデータのテーブルを記述する

テーブル 1 - 1

	T	F
グループ1	001110000	001100000
グループ2	011110000	011100000
グループ3	111110000	111100000
グループ4	001110001	001100001
グループ5	011110001	011100001
グループ6	111110001	111100001
グループ7	001110011	001100011
グループ8	011110011	011100011
グループ9	111110011	111100011
グループ 1 0	000011100	000001100
グループ 1 1	000011110	000001110
グループ 1 2	000011111	000001111
グループ 1 3	100011100	100001100
グループ 1 4	100011110	100001110
グループ 1 5	100011111	100001111
グループ 1 6	110011100	110001100
グループ 1 7	110011110	110001110
グループ 1 8	110011111	110001111
グループ 1 9	00111001100	00110011100
グループ20	01111001100	01110011100
グループ2 1	11111001100	11110011100
グループ22	00111001110	00110011110

グループ23	01111001110	01110011110
グループ24	11111001110	11110011110
グループ25	00111001111	00110011111
グループ26	01111001111	01110011111
グループ27	11111001111	11110011111
グループ28	00001100000	00000110000
グループ29	10001100000	10000110000
グループ30	11001100000	11000110000
グループ31	00001100001	00000110001
グループ32	10001100001	10000110001
グループ33	11001100001	11000110001
グループ34	00001100011	00000110011
グループ35	10001100011	10000110011
グループ36	11001100011	11000110011
グループ37	0011100110000	0011001100000
グループ38	0111100110000	0111001100000
グループ39	1111100110000	1111001100000
グループ40	0011100110001	0011001100001
グループ4 1	0111100110001	0111001100001
グループ42	1111100110001	1111001100001
グループ43	0011100110011	0011001100011
グループ44	0111100110011	0111001100011
グループ45	1111100110011	1111001100011
グループ46	0000110011100	0000011001100
グループ47	1000110011100	1000011001100
グループ48	1100110011100	1100011001100
グループ49	0000110011110	0000011001110
グループ50	1000110011110	1000011001110
グループ5 1	1100110011110	1100011001110

グループ52	0000110011111	0000011001111
グループ53	1000110011111	1000011001111
グループ54	1100110011111	1100011001111

テーブル 1 - 2

	F	T
グループ55	001110000	001100000
グループ56	011110000	011100000
グループ57	111110000	111100000
グループ58	001110001	001100001
グループ59	011110001	011100001
グループ60	111110001	111100001
グループ61	001110011	001100011
グループ62	011110011	011100011
グループ63	111110011	111100011
グループ64	000011100	000001100
グループ65	000011110	000001110
グループ66	000011111	000001111
グループ67	100011100	100001100
グループ68	100011110	100001110
グループ69	100011111	100001111
グループ70	110011100	110001100
グループ71	110011110	110001110
グループ72	110011111	110001111
グループ73	00111001100	00110011100
グループ74	01111001100	01110011100
グループ75	11111001100	11110011100
グループ76	00111001110	00110011110
グループ77	01111001110	01110011110

グループ78	11111001110	11110011110
グループ79	00111001111	00110011111
グループ80	01111001111	01110011111
グループ81	11111001111	11110011111
グループ82	00001100000	00000110000
グループ83	10001100000	10000110000
グループ84	11001100000	11000110000
グループ85	00001100001	00000110001
グループ86	10001100001	10000110001
グループ87	11001100001	11000110001
グループ88	00001100011	00000110011
グループ89	10001100011	10000110011
グループ90	11001100011	11000110011
グループ91	0011100110000	0011001100000
グループ92	0111100110000	0111001100000
グループ93	1111100110000	1111001100000
グループ94	0011100110001	0011001100001
グループ95	0111100110001	0111001100001
グループ96	1111100110001	1111001100001
グループ97	0011100110011	0011001100011
グループ98	0111100110011	0111001100011
グループ99	1111100110011	1111001100011
グループ100	0000110011100	0000011001100
グループ101	1000110011100	1000011001100
グループ102	1100110011100	1100011001100
グループ103	0000110011110	0000011001110
グループ104	1000110011110	1000011001110
グループ105	1100110011110	1100011001110
グループ106	0000110011111	0000011001111

グループ107	1000110011111	1000011001111
グループ108	1100110011111	1100011001111

テーブル 2 - 1

	T	F
グループ1	001110000	001100000
グループ2	011110000	011100000
グループ3	111110000	111100000
グループ1	001110001	001100001
グループ2	011110001	011100001
グループ3	111110001	111100001
グループ1	001110011	001100011
グループ2	011110011	011100011
グループ3	111110011	111100011
グループ4	000011100	000001100
グループ5	000011110	000001110
グループ6	000011111	000001111
グループ4	100011100	100001100
グループ5	100011110	100001110
グループ6	100011111	100001111
グループ4	110011100	110001100
グループ5	110011110	110001110
グループ6	110011111	110001111
グループ13	00111001100	00110011100
グループ13	01111001100	01110011100
グループ13	11111001100	11110011100
グループ13	00111001110	00110011110
グループ13	01111001110	01110011110
グループ13	11111001110	11110011110

グループ13	00111001111	00110011111
グループ13	01111001111	01110011111
グループ13	11111001111	11110011111
グループ14	00001100000	00000110000
グループ14	10001100000	10000110000
グループ14	11001100000	11000110000
グループ14	00001100001	00000110001
グループ14	10001100001	10000110001
グループ14	11001100001	11000110001
グループ14	00001100011	00000110011
グループ14	10001100011	10000110011
グループ14	11001100011	11000110011
グループ1	0011100110000	0011001100000
グループ2	0111100110000	0111001100000
グループ3	1111100110000	1111001100000
グループ1	0011100110001	0011001100001
グループ2	0111100110001	0111001100001
グループ3	1111100110001	1111001100001
グループ1	0011100110011	0011001100011
グループ2	0111100110011	0111001100011
グループ3	1111100110011	1111001100011
グループ4	0000110011100	0000011001100
グループ5	1000110011100	1000011001100
グループ6	1100110011100	1100011001100
グループ4	0000110011110	0000011001110
グループ5	1000110011110	1000011001110
グループ6	1100110011110	1100011001110
グループ4	0000110011111	0000011001111
グループ5	1000110011111	1000011001111

グループ6	1100110011111	1100011001111
-------	---------------	---------------

テーブル 2 - 2

	F	T
グループ7	001110000	001100000
グループ8	011110000	011100000
グループ9	111110000	111100000
グループ7	001110001	001100001
グループ8	011110001	011100001
グループ9	111110001	111100001
グループ7	001110011	001100011
グループ8	011110011	011100011
グループ9	111110011	111100011
グループ10	000011100	000001100
グループ11	000011110	000001110
グループ12	000011111	000001111
グループ10	100011100	100001100
グループ11	100011110	100001110
グループ12	100011111	100001111
グループ10	110011100	110001100
グループ11	110011110	110001110
グループ12	110011111	110001111
グループ15	00111001100	00110011100
グループ15	01111001100	01110011100
グループ15	11111001100	11110011100
グループ15	00111001110	00110011110
グループ15	01111001110	01110011110
グループ15	11111001110	11110011110
グループ15	00111001111	00110011111

グループ15	01111001111	01110011111
グループ15	11111001111	11110011111
グループ16	00001100000	00000110000
グループ16	10001100000	10000110000
グループ16	11001100000	11000110000
グループ16	00001100001	00000110001
グループ16	10001100001	10000110001
グループ16	11001100001	11000110001
グループ16	00001100011	00000110011
グループ16	10001100011	10000110011
グループ16	11001100011	11000110011
グループ7	0011100110000	0011001100000
グループ8	0111100110000	0111001100000
グループ9	1111100110000	1111001100000
グループ7	0011100110001	0011001100001
グループ8	0111100110001	0111001100001
グループ9	1111100110001	1111001100001
グループ7	0011100110011	0011001100011
グループ8	0111100110011	0111001100011
グループ9	1111100110011	1111001100011
グループ10	0000110011100	0000011001100
グループ11	1000110011100	1000011001100
グループ12	1100110011100	0000011001110
グループ11	1000110011110	1000011001110
グループ12	1100110011110	1100011001110
グループ10	0000110011111	0000011001111
グループ11	1000110011111	1000011001111
グループ12	1100110011111	1100011001111

。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の基本原理を説明するために示す波形図。

【図 2】 本発明の基本原理を説明するために示す分布図。

【図 3】 本発明の一実施の形態を示すブロック図。

【図 4】 本発明の動作を説明するために示したフローチャート。

【図 5】 本発明の他の実施の形態を示すブロック図。

【図 6】 本発明のさらに他の実施の形態を示すブロック図。

【図 7】 本発明のさらにまた他の実施の形態を示すブロック図。

【図 8】 図 6、図 7 の第 2 の評価値算出器の例を示すブロック図。

【図 9】 図 6、図 7 の第 2 の評価値算出器の他の例を示すブロック図。

【図 10】 図 6、図 7 の第 2 の評価値算出器のさらに他の例を示すブロック図。

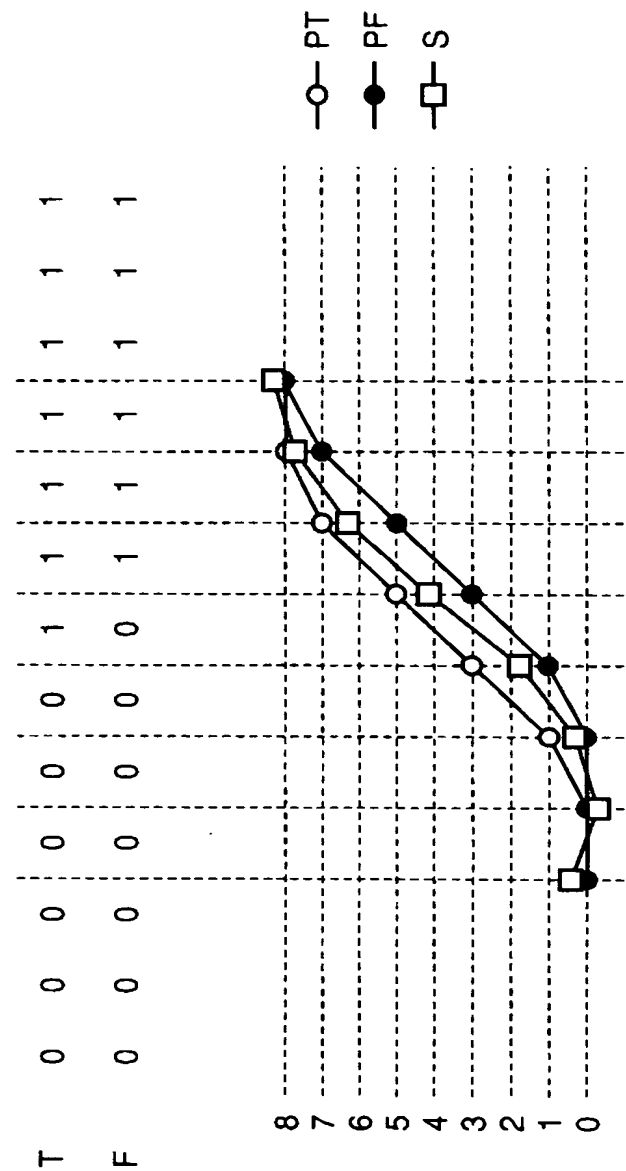
【符号の説明】

1 0 1…光ディスク、1 0 2…光ヘッド装置、1 0 5…等化器、1 0 6…ビタビ復号器、1 0 7、1 0 8…評価値算出器。

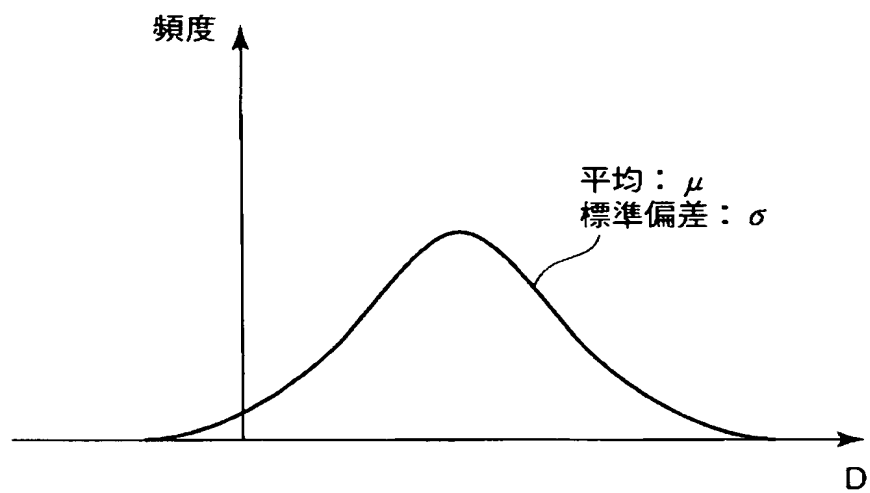
【書類名】

図面

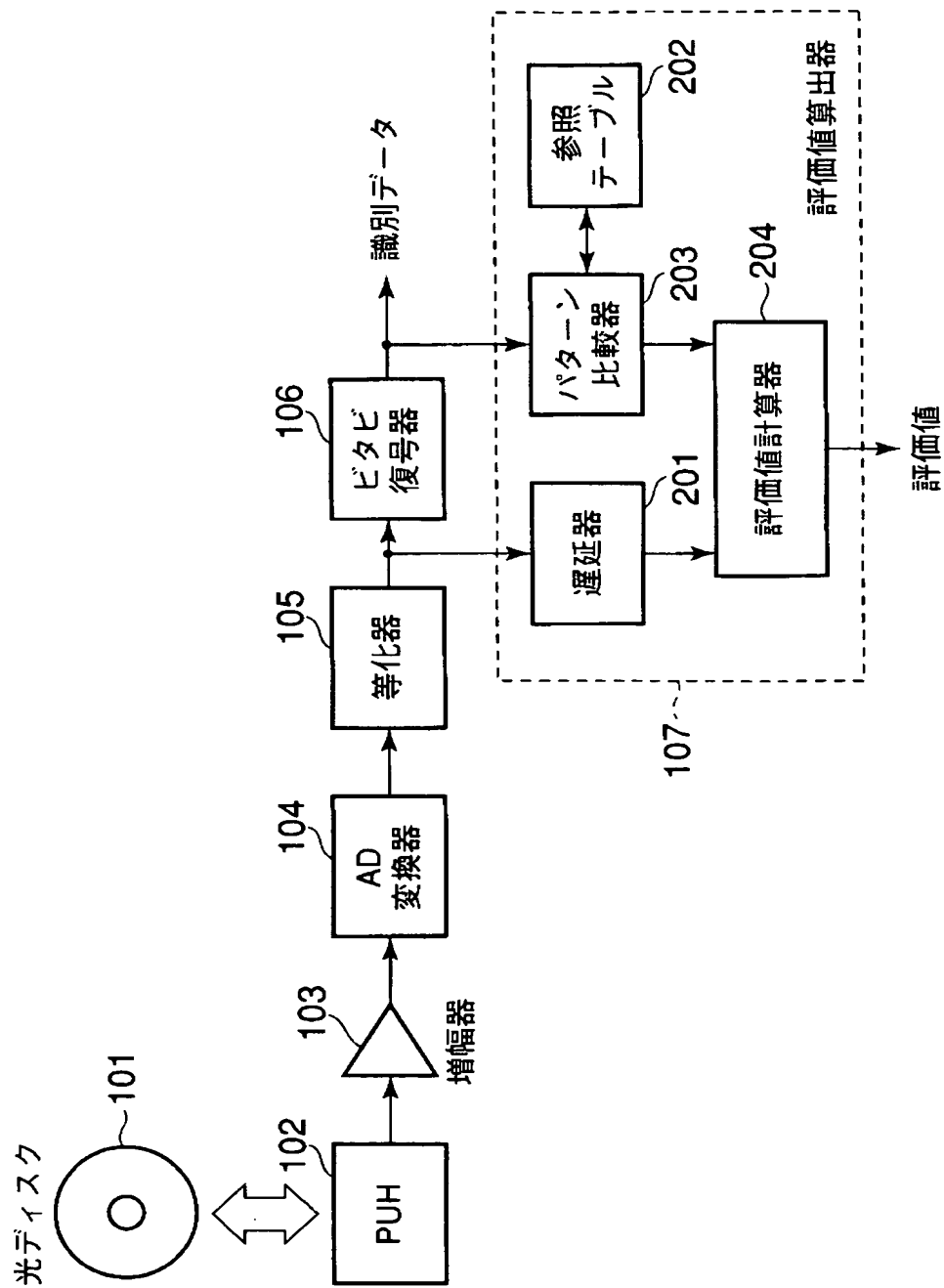
【図 1】



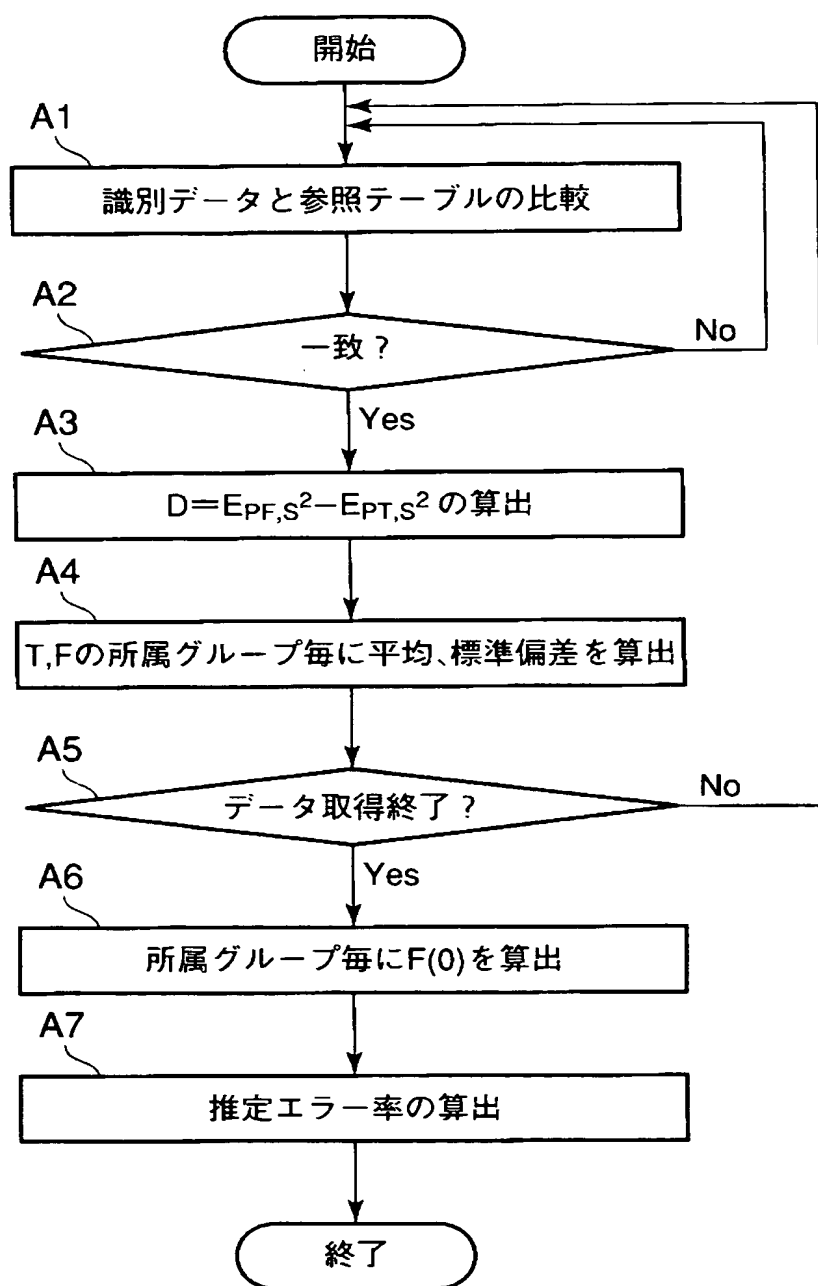
【図 2】



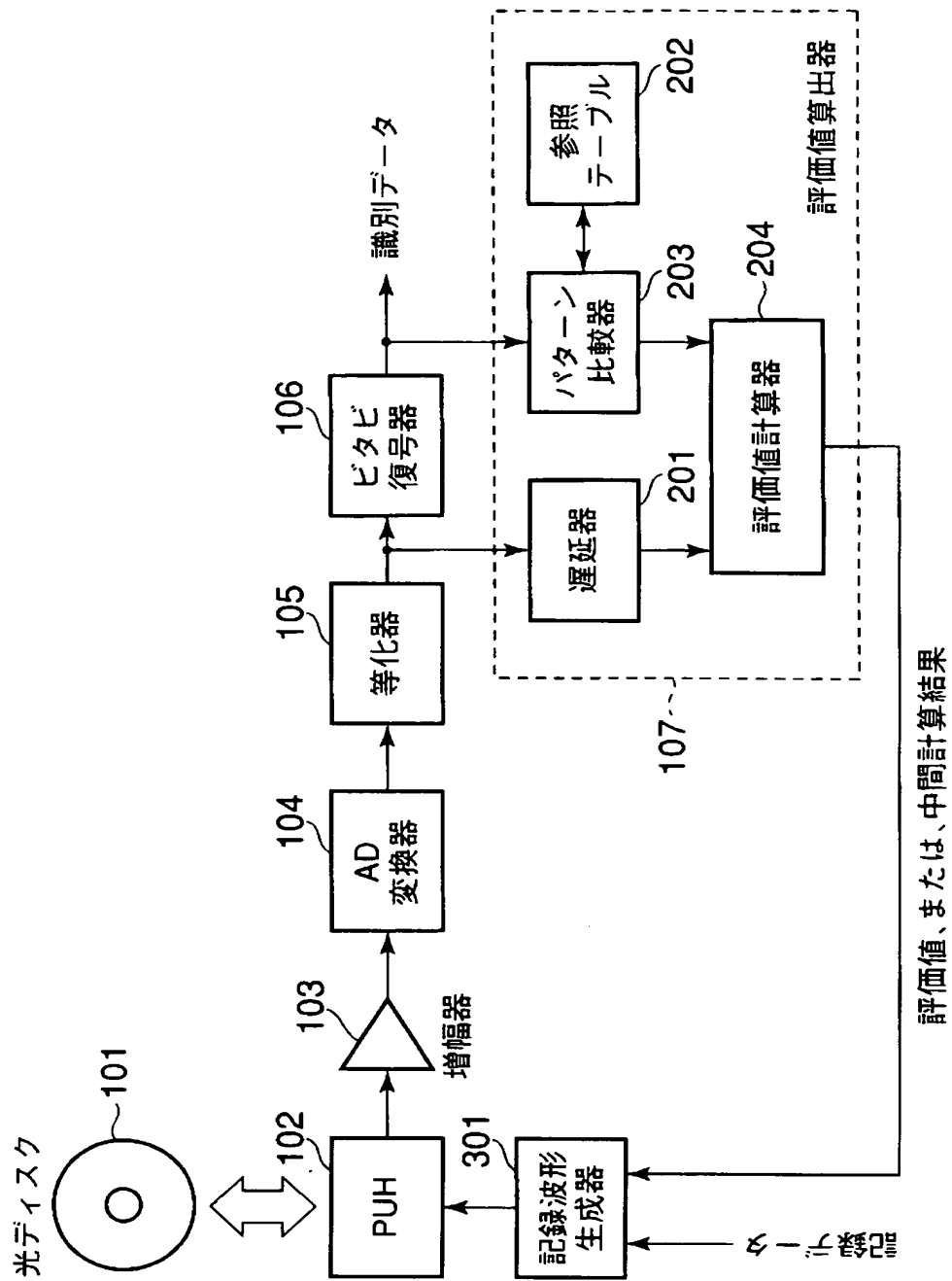
【図 3】



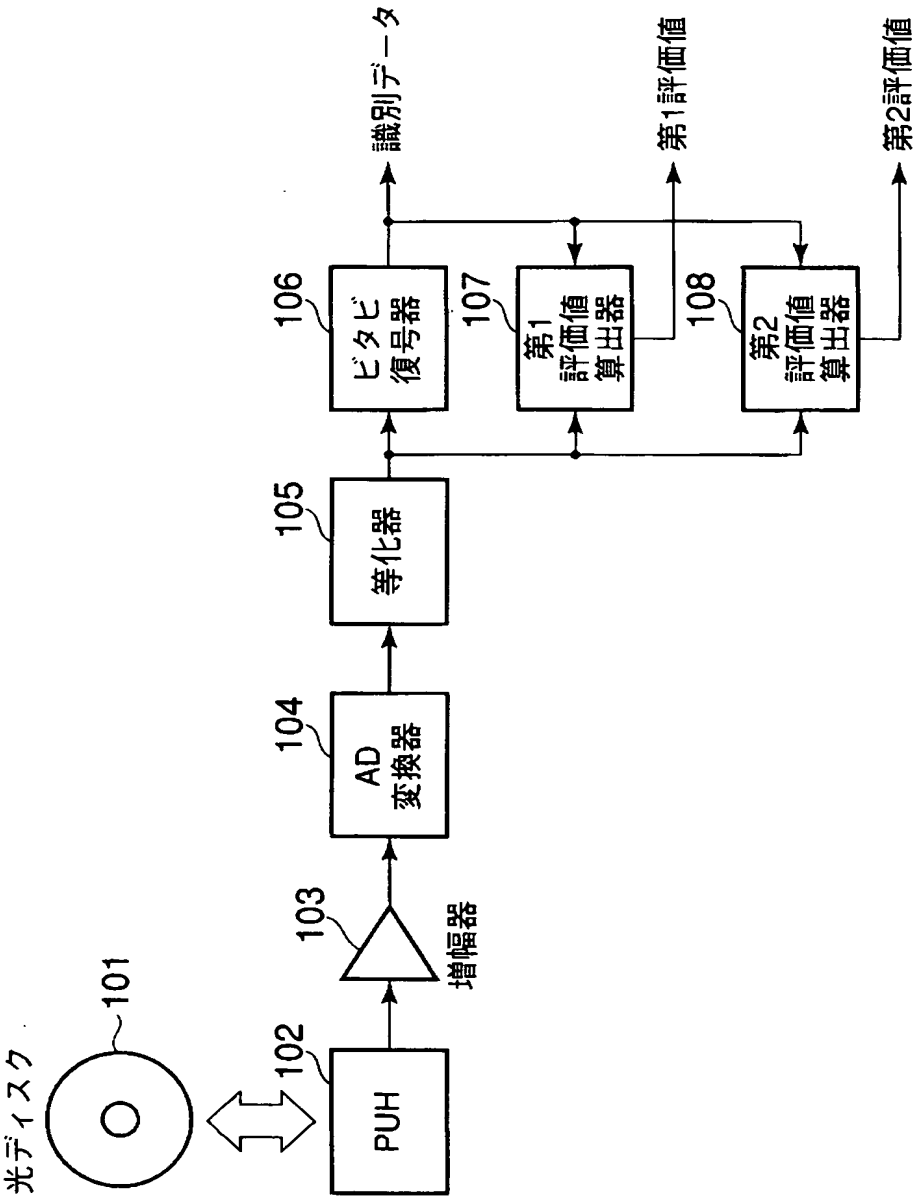
【図 4】



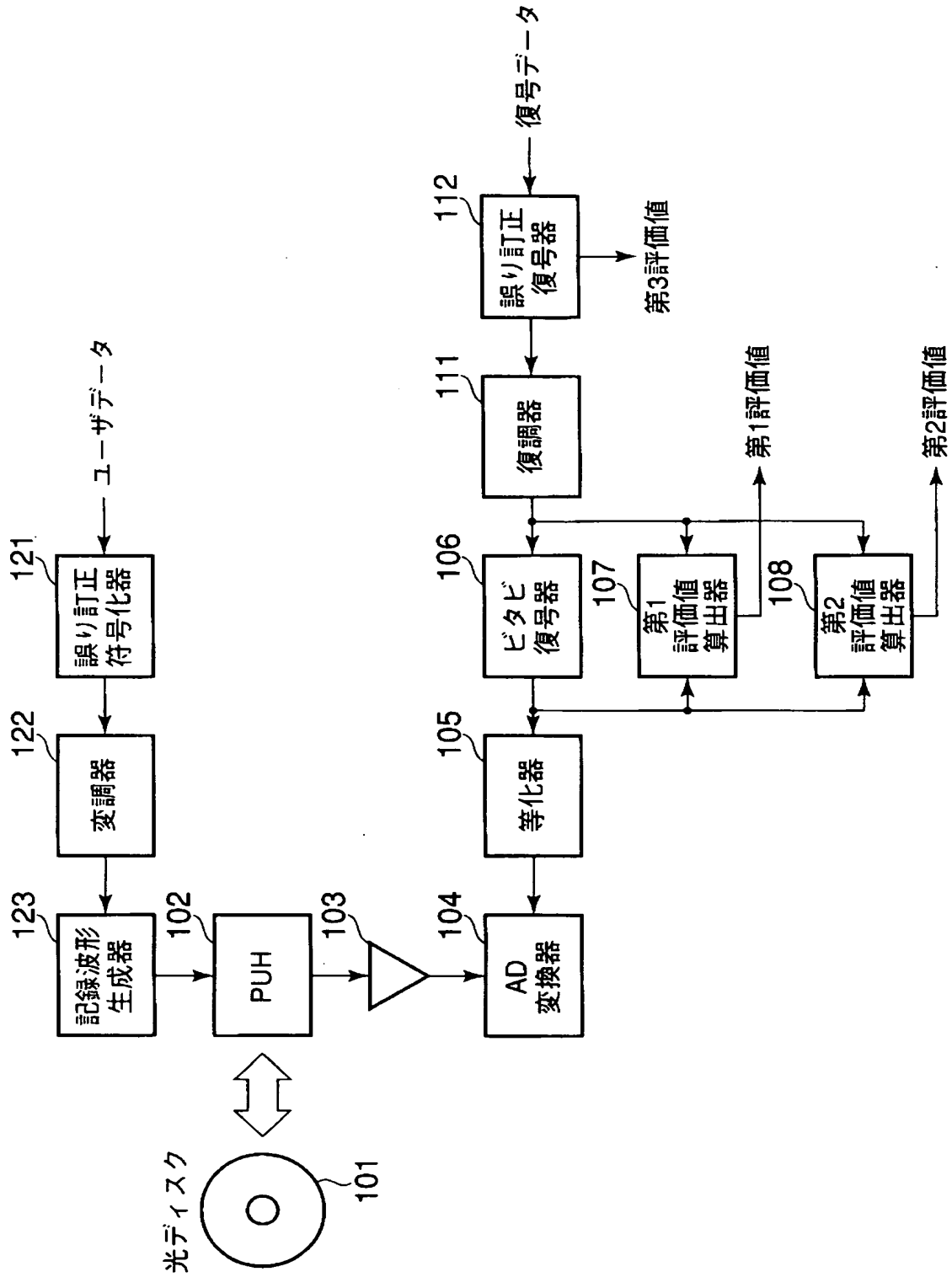
【図 5】



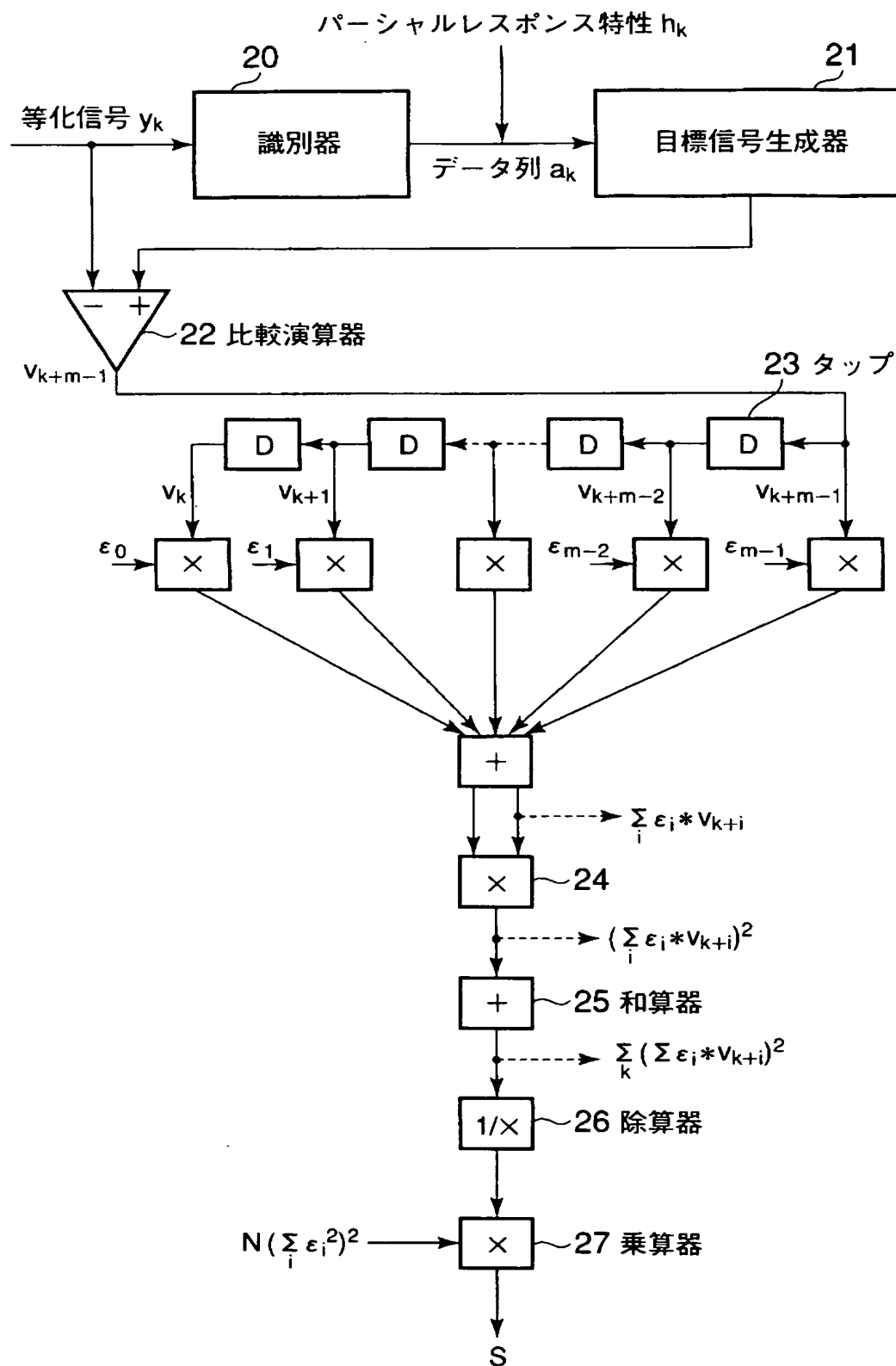
【図 6】



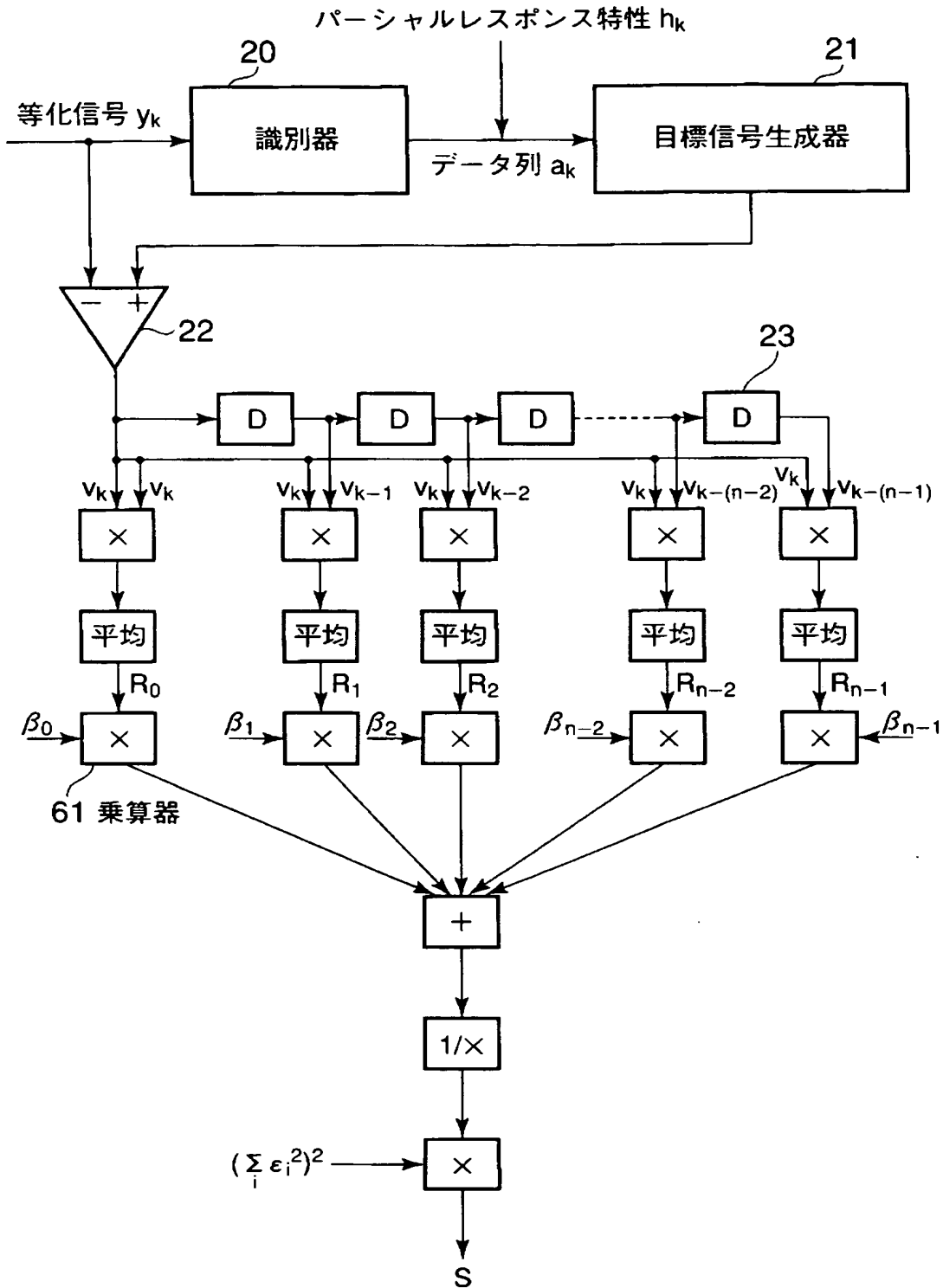
【図7】



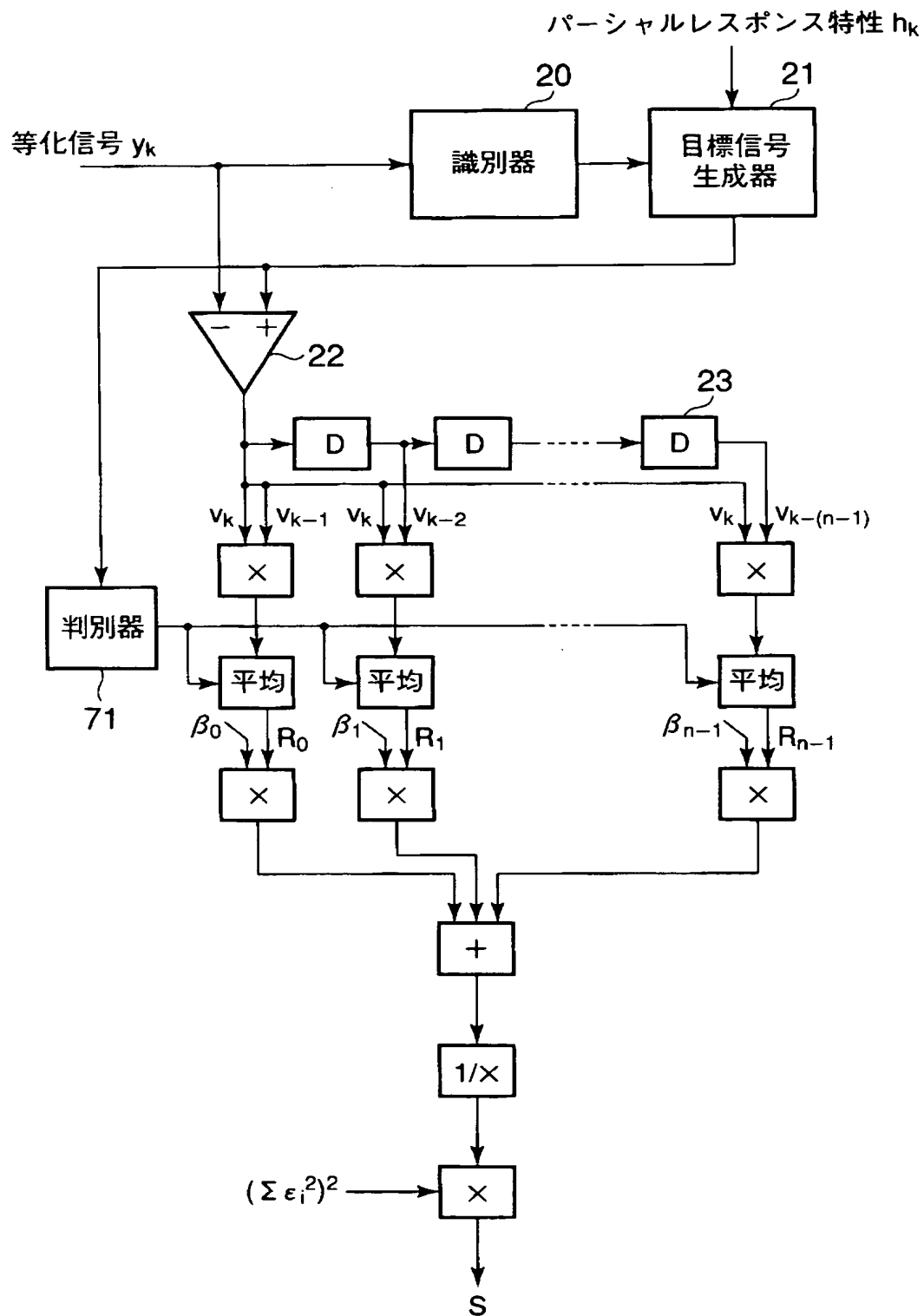
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】再生信号に対して、あらかじめ誤りやすいパターン対し、各種パターンのテーブルを作成することにより正確に信号品質の評価値を算出する。

【解決手段】 P R M L 識別方式を用いた情報記録再生装置において、グループ化された複数の所定ビット系列対と識別データとの一致検出手順と、一致した場合にはビット系列とその対の理想応答を算出する手順と、2つの前記理想応答と等化信号とのユークリッド距離を求める手順と、ユークリッド距離の差を求める手順と、グループ毎に前記ユークリッド距離の差の平均・標準偏差を求める手順と、平均・標準偏差と前記所定ビット系列の出現確率と所定ビット系列対のハミング距離とから再生信号の品質評価値を算出する手順を備えることで、正確に信号品質の評価をすることができる。

【選択図】 図 3

特願 2 0 0 3 - 0 1 9 3 9 6

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 2 3 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号

氏 名

日本電気株式会社

特願 2003-019396

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000003078]

1. 変更年月日

2001年 7月 2日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区芝浦一丁目1番1号

氏 名

株式会社東芝